

雑草生育量が作物-雑草共生系の生産性に及ぼす 影響を調節する一手段としての除草率の提案

原 涼子・坂井直樹*・林 久喜・南川和則

筑波大学大学院生命環境科学研究科,
305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

要 旨

持続的な作物生産を行うために、環境への負の影響を最小限に抑える生産方式が提案され始めている。その一つとして、作物と雑草を共生させるシナリオが考えられる。これらの生産方式では、雑草のみが優位に生育し、対象作物の生育が極端に劣らないよう、雑草生育量の影響を任意に調節する工夫が必要になる。本報告では、圃場での除草面積（除草率）を段階的に設定することで雑草生育量の影響を段階的に調節することを試み、作物と雑草を組み合わせた単位面積当たりの炭素固定量や土壤生物性などに及ぼす影響を調べた。実験では、除草率を段階的に変化させることによって圃場に存在する雑草乾物生産量にある程度段階的に変化させることができたが、圃場全体の炭素固定量や土壤動物個体群密度は、設定した除草率に対して必ずしも比例的な反応を示さなかったため、除草区の配置や除草方法、作物種による違いなどについてさらに検討する必要があると考えた。

キーワード：作物-雑草共生系，除草率，炭素固定量，土壤動物

緒 言

慣行農業において、雑草は耕地から排除すべき対象として扱われてきた。一方、除草剤の使用など、農業に起因する環境負荷に対する関心は非常に高い。そのため、環境保全型農業のような環境への負の影響を最小限に抑えつつ、持続的な作物生産を目指す生産方式では、作物の生育と収量に影響を及ぼさない程度の雑草発生量であれば、それらをあえて排除する必要はないとする考え（根本 2004）も近年現れている。

このような作物と雑草を意識的に共存させた耕地生態系のメリットとして考えられるのは、①雑草の存在により作物単独栽培時よりも乾物生産量が向上する可能性、②植物種が増加することで、植食者の種類が増加し、生物種全体が増加する可能性などである。①の乾物生産量の増大は、耕地において二酸化炭素がより多く固定されたとみなすことができ、このことは系の炭素源を増大させ、近年重要な環境問題である地球温暖化への貢献度を向上させる可能性がある。

* Corresponding Author: nsakai@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

一方、作物と雑草との共存生態系を仮に構築できたとしても、雑草のみが優位に生育し、対象作物の生育が極端に劣ってしまうという状況に陥る可能性がある。その解決の一方法として雑草生育量の及ぼす影響を任意に調節する方式が必要である。既往の研究では、雑草生育を調節するために、除草を行う時期を変える (Bond and Burston 1996)、除草剤施用により特定の種を排除する (Esenら2005) などの方法が提案されている。これらの研究では、雑草は有か無かという二値的な水準で評価が行われてきたため、雑草を段階的に存在させた場合の及ぼす影響について、量的な検討はほとんどなされていなかった。このような量的な検討を行うために、雑草の生育量自体を調節し、作物生育量や周囲の環境に与える相対的影響を検討することが考えられる。

本報告では雑草生育量を調節する手段として、除草を行う面積を指標として可変にする方法を提案し、それら除草面積の処理区全体に対する比率 (除草率と定義した) によって雑草量を調節するという方法の妥当性の検討を行うことを目的とした。実験では、段階的に設定した除草率に対する、雑草および作物の生育、雑草と作物を合わせた炭素固定量、および土壤生物の反応について調査した。

材料および方法

1. 除草率の設定

本報告では、処理区全面積に対する除草された面積の比率を除草率と定義した。1 処理区 (2.8m × 3.2m) を縦横ともに10分割して100個の小区画に分け、適宜除草される小区画 (以下、除草小区画と称する) の数をもって除草率を表示した。すなわち、除草率100%は処理区全体を無雑草状態とすることを示し、0%は除草を一切行わずに雑草を放任しておくことを示す。除草小区画は処理区全体にはほぼ均一に分布するよう配置した。なお、除草を行わない小区画は、以下無除草小区画と称した。

2. 実験要因および栽培管理

実験は2002年の5月から9月まで、筑波大学農林技術センター内の畑作圃場で実施した。作物種による反応の違いを検討するため、供試作物には飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L., cv. スノーデント125, 以下略号M) とソルガム (*Sorghum bicolor* L. Moench, cv. 高糖分ソルゴー, 以下略号S) の2種類を用いた。実験要因は、除草率の段階として、0%, 25%, 50%, 75%, 100%となる5水準 (図1)、作物が1種類の場合と2種類の場合を比較するために作付様式M単作、S単作、MS混作の3水準を設定し、計15処理区を3反復の乱塊法で配置した。1 処理区は4畦とし、栽植密度は畦間70cm × 株間20cmとした。混作では各作物を1畦ごとに交互に作付けした。

圃場は実験開始前に均一に除草および耕起を行い、無雑草の状態から開始した。5月29日に基肥として、高度化成肥料 (N, P₂O₅, K₂O 各14%含有) を6 kg/10aで全層施肥した。5月30日に、各作物を2粒ずつ播種し、6月13日に1本になるように間引きした。植物体に小区画を区切るロープが接触しないよう、幼苗の位置が全処理区で確認された後に小区画を配置した。小区画の配置後 (6月20日) に除草を開始した。作物地上部および雑草地上部の収穫は9月5日に行った。

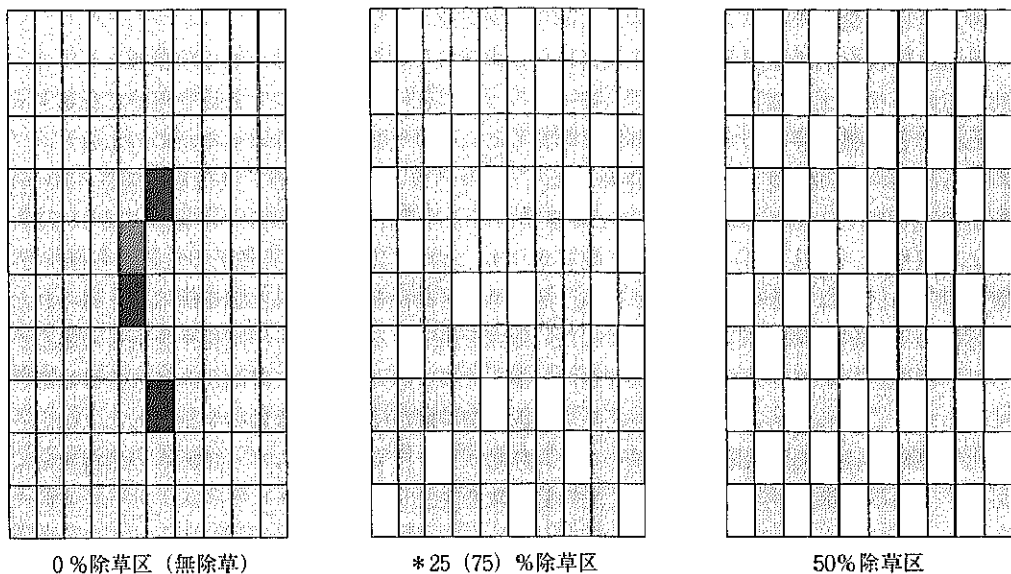


図1 除草小区画の配置図.

- 注1) □部は除草小区画を表す。
 注2) ▨部は無除草小区画を表す。
 注3) *25 (75) %除草区とは, □部を除草すると25%除草区を示し ▨部を除草すると75%除草区を示すことを表す。
 注4) ▩部は雑草収穫小区画, ▧部は優占種調査区を示す (全ての処理区で同位置の小区画を調査した)。

3. 調査項目

調査は雑草の種類および乾物生産量, 作物の生育および収量, 土壌生物相を対象とした。

草丈, 葉数および SPAD を, 播種後4週目から2週間ごとに, 各処理区中央2畦において20個体について測定した。測定には SPAD 計 (ミノルタ社製 葉緑素計 SPAD-502) を用いた。

9月5日に, 生育調査対象であった処理区中央2畦20個体の作物地上部を地際から刈り取り, 生体重を測定した。測定後直ちに各処理区3個体を無作為に選び乾燥した後, 乾物重を測定した。得られた値を乾物率の代表値とし, 各処理区の乾物生産量を求めた。雑草の収穫は100%除草区を除く各処理区中央の無除草小区画3区画に対して行った (図1)。各小区画から雑草地上部を地際から刈り取り, 乾物重を計測した。得られた乾物重を各処理区平均し, 雑草の存在面積比を乗じて1処理区の値とした。乾燥条件はすべて48時間 × 80℃ とした。

雑草収穫日に, 雑草優占種調査のための収穫も同時に行った。雑草優占種を調査するため, 各処理区中央の1小区画 (図1) に存在する雑草すべてを根ごと引き抜いて種を同定し, 個体数を調査した。

単位面積当たりの植物地上部炭素固定量を算出するために, 作物および雑草の地上部炭素含有率を測定した。乾物サンプルの炭素含有率の測定は, 作物および雑草地上部の乾物重を測定終了後, 遠心粉碎機 (日本精機製作所製 ZM-100) に孔径0.25mm のフィルターを装着し, 乾物サンプルを粉碎・篩分した後, CN コーダー (住化分析センター社製 N, C-Analyzer Sumigraph NC-800) を用いて行った。得られた炭素含有率を乾物重に乗じて収穫された植物地上

部の炭素含有量を求め、これを植物地上部炭素固定量とした。

土壌生物性を示す指標として、土壌動物相を調査した。本実験では土壌環境指標として多く利用される中型土壌動物相を、原田（1995）の方法に従い、ツルグレン装置を用いて採集することができる動物群としてその個体数を調査した。中型土壌動物を採取するための土壌サンプルは、渡辺（1979）の方法に従い作製したステンレス製の採土管（幅、奥行き、深さ各10cm）を土壌表面に差し込み採取した。採土は播種前（5月28日）、播種日から2週間ごとに5回、および収穫後（9月8日）の計7回、除草率0%、50%、100%の各処理区の畦間から行った。除草率50%区では、隣接する除草小区画、無除草小区画からそれぞれ土壌を採取し、得られた個体数の平均値を除草率50%区の値とした。地点を決定する際には、一度採土を行った地点から再び採土を行わないよう留意した。また、測定は前日および当日に降雨がみられた日は避けて行った。これらのサンプルをツルグレン装置に24時間かけて、土壌動物を抽出した。抽出された土壌動物は、95%濃度のエタノールを入れたビーカーで受け、青木（1999）の図解検索に従い、土壌動物群を目ごとに分類し、その個体数を定量した。

結果および考察

1. 雑草生育および乾物生産量

天候などの都合により、除草小区画の設置が当初の予定より遅れたため、除草開始が播種から20日後になった。そのため、生育初期段階ではあったが、無除草小区画にも雑草が発生してしまった。

各処理区における雑草優占種を表1に示す。供試圃場で観察された雑草種は、表中の優占種の他にはツユクサ（ツユクサ科）、ノボロギク（キク科）、イヌホオズキ（ナス科）、ヨウシュヤマゴボウ（ヤマゴボウ科）などであり、処理区全体で10種類だった。これらの多くは、一般的によく観察される耕地雑草である。ヨウシュヤマゴボウは1個体の大きさが1mを超えるため、通常耕地でみられることは少ない（高柳 1996）といわれるが、本供試圃場では除草率0、25、50%区で観察された。また、除草率が高くなるほど大きい個体が観察された。すべての処理区でメヒシバ（イネ科）が最も優占していた。次いでオオイヌタデ（タデ科）、カヤツ

表1 各処理区における雑草優占種。

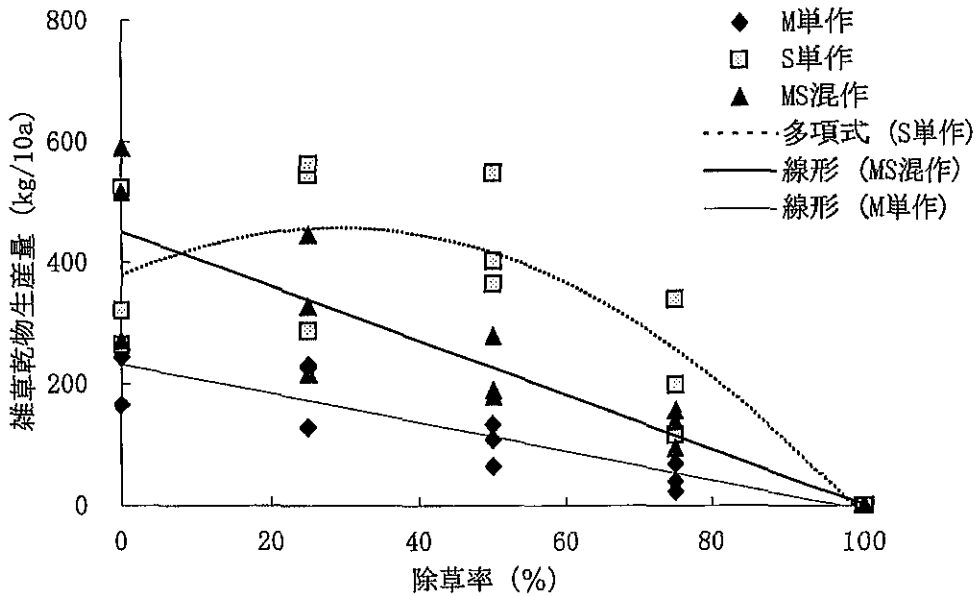
作付様式	除草率 (%)	雑草優占種
M 単作	0	メヒシバ>カヤツリグサ>スベリヒユ
	25	メヒシバ>オオイヌタデ>カヤツリグサ
	50	メヒシバ>オオイヌタデ>カヤツリグサ
	75	メヒシバ>オオイヌタデ>コニシキソウ=カヤツリグサ
S 単作	0	メヒシバ>オオイヌタデ>カヤツリグサ
	25	メヒシバ>オオイヌタデ>スベリヒユ
	50	メヒシバ>オオイヌタデ>スベリヒユ
	75	メヒシバ>オオイヌタデ=カヤツリグサ>カヤツリグサ
MS 混作	0	メヒシバ>オオイヌタデ>スベリヒユ
	25	メヒシバ>カヤツリグサ>オオイヌタデ
	50	メヒシバ>スベリヒユ>カヤツリグサ
	75	メヒシバ>スベリヒユ>カヤツリグサ=アキノエノコログサ

リグサ（イネ科）、スベリヒユ（スベリヒユ科）が優占する処理区が多くみられる傾向があった。コニシキソウ（トウダイグサ科）、アキノエノコログサ（イネ科）は除草率の低い処理区で多くみられる傾向があった。作付様式の違いによる傾向は明確でなかった。

全処理区で優占していたメヒシバには、日陰で光を求めて立ち上がる性質があり（高柳1996）、その性質がトウモロコシとソルガムという草丈が2 mを超える作物と共生させた系で有利に働いたと推察された。次いで優占した処理区が多いオオイヌタデとカヤツリグサも草丈が50cmを超えるものが多く観察された。

75%除草区や50%除草区では、無除草小区画が連続している部分がない（図1）ため、雑草の生育できる面積が限られていた。75%除草区でヨウシュヤマゴボウがみられなかったのは、除草小区画が多いために、個体の大きい本種が除草される確率が増加したためと推察された。最も優占していたメヒシバが処理区内に50個体前後存在したのに対し、ヨウシュヤマゴボウは多く存在した処理区でも1個体と、その存在数も少ないため、除草される確率に存在個体数が影響を受けやすいためと考えられた。一方で、除草率が大きくなるに従ってより大きい個体が観察された。これは50%除草区では無除草区は必ず除草区と隣接しており、無除草区に根があるものの、個体の上部が隣接した除草区側に張り出して生育することができたためであると考えられた。

次に、除草率が各作付様式における雑草乾物生産量に及ぼす影響を図2に示す。除草率と雑



$$\text{M単作} : y = -2.3836x + 231.96 \\ R^2 = 0.8566$$

$$\text{S単作} : y = -0.0939x^2 + 5.4453x + 378.07 \\ R^2 = 0.7616$$

$$\text{MS混作} : y = -4.4707x + 450.4 \\ R^2 = 0.8038$$

図2 除草率が雑草乾物生産量に及ぼす影響。

草乾物生産量との間には全体的に負の相関がみられた。M単作区およびMS混作区が直線的に回帰したのに対し、S単作区では曲線的に回帰した。そのため図2では、M単作区、MS混作区は一次回帰式、S単作区は二次回帰式で示す。作付様式ごとでは、雑草乾物生産量はS単作区で最も大きく、次いでMS混作区、S単作区の順となった。

除草率と乾物生産量との間には負の相関がみられ、除草率によって乾物生産量を段階的に変化させることができたが、その変化の程度は作付様式によって異なった。S単作区では、0%除草区から50%除草区にかけて雑草生産量に有意な差がみられなかったため曲線状で回帰した。このことから、S単作区で雑草が過密に繁茂した結果、自己間引きが起こった可能性が示唆された。自己間引きという現象として、群落単位面積当たりに保持できるバイオマスの量が上限に達すると、ほとんど資源を得ることができない小さな個体から次第に不利になって枯死していき、その枯死によって空いた空間に隣接する植物の生長が盛んになる現象である(Loomis and Connor 1992)。0%除草区では雑草小個体が枯死した空間のみ他の個体が利用できたのに対して、25%および50%除草区ではさらに除草小区画が存在したため、個体の成長が盛んになり、1個体の乾物生産量が増加したと考えられた。このような傾向は上述のヨウシュヤマゴボウなどで観察された。またこの結果が雑草存在面積と相補的に働き、0%除草区から50%除草区にかけて同程度の雑草乾物生産量が得られたと考えられた。このような曲線的な回帰がS単作区でのみみられ、またM単作区ではすべての除草率において乾物生産量が低い値を示したことから、共生させる作物種によって除草率に対する雑草乾物生産量が異なる可能性が示唆された。

2. 作物の生育と乾物生産量

各処理区におけるトウモロコシの草丈の推移を図3に示す。トウモロコシの草丈は100%除草区が0%除草区よりも高い値を示す傾向が生育中期(播種後10週目)以降みられ、その除草率間の差はM単作区がMS混作区よりも大きくなったが、25%から75%に関しては順位が週によって前後するなど、段階的な反応はみられなかった。葉数、SPADの値も、除草率に対して段階的な反応は示さなかった。ソルガムの草丈の推移を図4に示す。除草率による差では、MS混作区において、生育後期(播種後12、14週目)に100%除草区が0%除草区よりも低い値を示したが、除草率に対して段階的な反応は示さなかった。葉数、SPADの値も、除草率に対して段階的な反応を示さなかった。

作物の生育および乾物生産量には、除草率による段階的な反応がみられなかった。この一因として、除草小区画の大きさおよび配置(図1)の影響が考えられた。除草小区画は処理区全体には均一になるよう配置したが、作物各個体の周囲に注目すると必ずしも除草率が反映されていなかったことが、0%除草区と他の除草区の間で段階的な反応がみられなかった一因と考えられた。また、除草率の高い処理区でも他の除草区との間で段階的な反応がみられなかったが、その一因として除草作業による踏み付けや、損傷の影響が考えられた。除草率が高くなるに従い、除草作業を行う面積や回数が増加し、そのことにより植物体の生育に好ましくない影響が及んだ可能性が考えられた。特に一度目の除草が計画よりも遅延し(6月20日)、生育しはじめた雑草個体の引き抜きにより、作物幼苗の根などに損傷を与えた可能性も考えられた。その他に、トウモロコシの草丈が除草率に対して段階的な反応を示さなかった理由としては、雑草乾物生産量がM単作区で最も低い値を示したことから、トウモロコシは草丈が処理区内

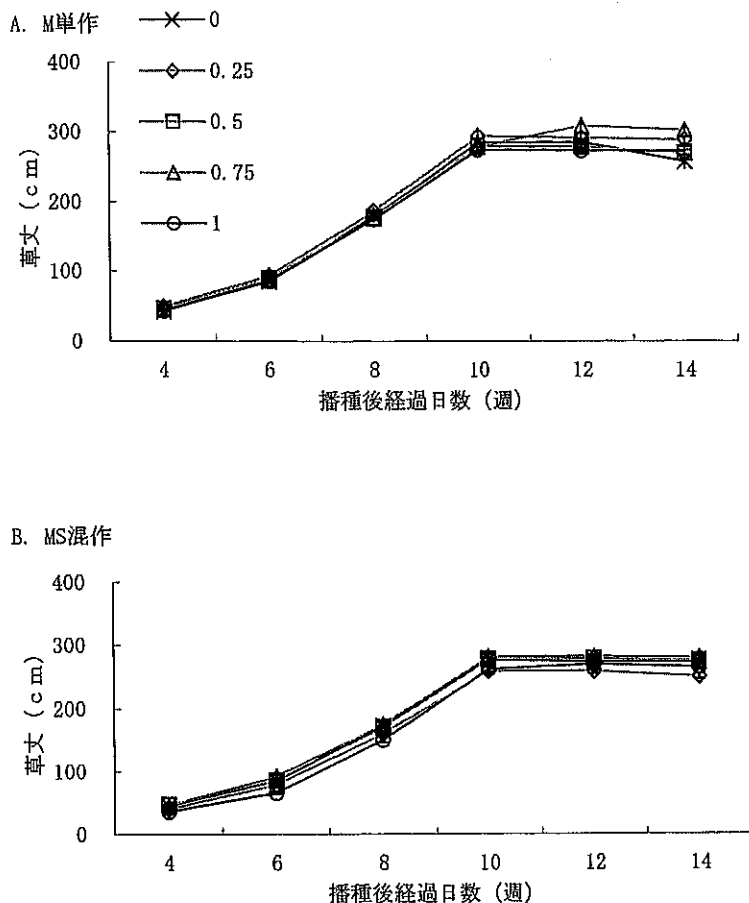


図3 各除草率におけるトウモロコシ草丈の推移 (A: M単作, B: MS混作).
注) 図中のエラーバーは標準誤差を示す (n = 20).

で最も高い種であり、雑草との競合に強いことが考えられた。MS混作区におけるトウモロコシ乾物生産量がM単作区における乾物生産量よりも高い値を示したのは、隣接する作物がトウモロコシであるよりも草丈の低いソルガムである方が、生育面で有利であったためと推察された。一方、ソルガム乾物生産量はMS混作区でS単作区より低い値を示したため、トウモロコシとは逆に、MS混作区で生育が不利になったと考えられた。また、ソルガム乾物生産量が除草率に対して段階的な反応を示さなかった一因として、MS混作区では雑草の存在の有無に関わらず、トウモロコシの存在によって大きな干渉を受けていたことが考えられる。

S単作区におけるソルガム乾物生産量は、処理区間のばらつきがMS混作区よりも大きかったが、乾物生産量の平均値はS単作区でMS混作区におけるよりも大きくなった。このS単作区におけるばらつきは0%除草区で最も小さかったことから、除草処理によって生育に影響が及ぼされた可能性があると考えられる。前節で述べたように、S単作区で雑草生育が最も旺盛であったため、雑草個体の引き抜きによる損傷も大きかったことが一因として考えられる。

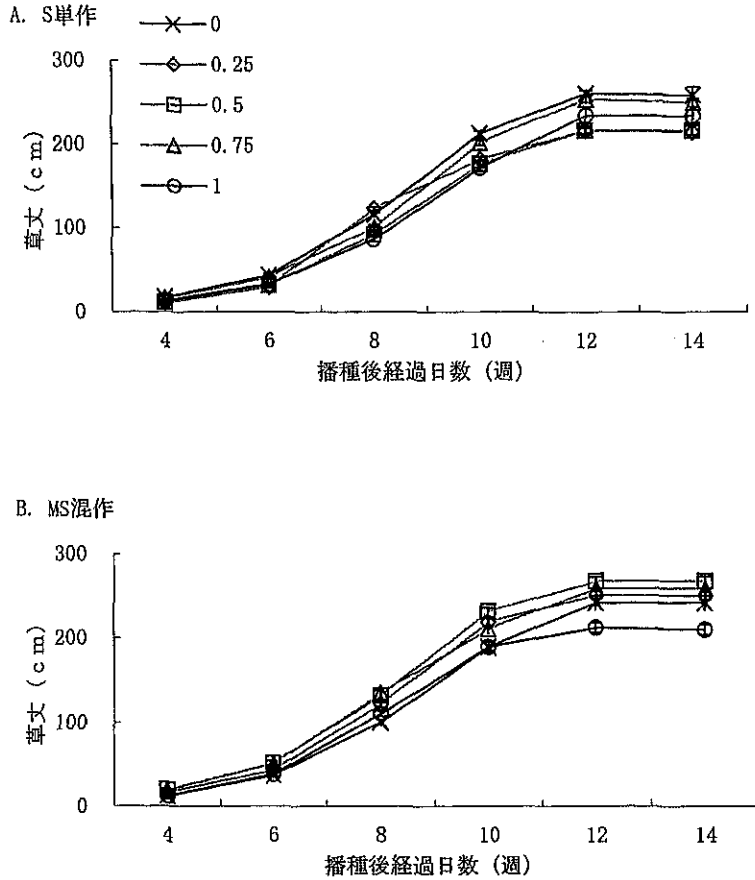


図4 各除草率におけるソルガム草丈の推移 (A: S単作, B: MS混作).
注) 図中のエラーバーは標準誤差を示す (n = 20).

3. 植物地上部炭素固定量

雑草および作物の炭素含有率を表2に示す。作物および雑草炭素含有率には除草率および作付様式による差はみられなかったため、各処理区の平均を示した。これらの値を雑草および植物の乾物生産量に乗じて算出した単位面積当たりの炭素固定量を表3に示す。除草率は雑草炭素固定量に影響した。また、作付様式は、ソルガム、作物合計 (M + S)、雑草および全体 (作物合計 + 雑草) の炭素固定量に影響した。作付様式ではM単作区で作物合計および全体の炭素固定量が最も高い値を示した。単位面積当たりの炭素固定量については、作物では除草率に関わらず $M > MS > S$ 、雑草では作物とは逆に $S > MS > M$ となり、全体の炭素固定量には、作物と雑草の生産量が相補的に働いたことで作付様式間の差がみられなくなったものと考えられる。

地点間のばらつきによって統計的に有意ではなかったが、全体の炭素固定量はM単作区、MS混作区で除草率の低下に伴い増加した。S単作区においても、25%除草区を除けば同様の傾向がみられた。これは雑草乾物生産量が除草率の低下に伴い増加したことに起因した。また

表2 作物および雑草の炭素含有率.

作物	部位	炭素含有率 (%)
トウモロコシ	茎葉	43.26±0.06
トウモロコシ	雌穂	44.68±0.11
ソルガム	地上部	43.03±0.09
雑草	地上部	37.99±1.41

表3 作付様式および除草率の違いが炭素固定量に及ぼす影響.

作付様式	除草率 (%)	炭素固定量 (kgC/10a)				
		M	S	作物合計	雑草	全体
M単作	0	837	—	837	272	1109
	25	833	—	833	240	1073
	50	768	—	768	125	892
	75	807	—	807	54	861
	100	770	—	770	0	770
S単作	0	—	545	545	524	1068
	25	—	348	348	660	1007
	50	—	428	428	622	1050
	75	—	627	627	310	936
	100	—	714	714	0	714
MS混作	0	870	333	601	617	1218
	25	862	319	590	444	1034
	50	860	416	638	290	927
	75	933	370	651	174	826
	100	846	365	606	0	606
作付様式		NS	**	***	***	**
除草率		NS	NS	NS	***	NS
交互作用		NS	NS	NS	**	NS

注) **, ***はそれぞれ分散分析の結果1%, 0.1%水準で有意差があることを示し, NSは有意差がないことを示す。

S単作区においては雑草炭素固定量が除草率0%区よりも25%区および50%区で高い値を示し, 作物炭素固定量は低い値を示したため, 雑草の炭素固定量が作物炭素固定量よりも高い値を示した。これはS単作区の25%, 50%除草区で0%区よりも雑草が繁茂し, 作物生育を阻害したことが一因として考えられた。

以上のように, 全体の炭素固定量としては, 雑草の存在により作物のみの処理区よりも増加したが, 作物と雑草の割合は除草率および作付様式により異なった。そのため, 作物種やその作付様式によっては, 雑草の存在量の調節により, 全体の炭素固定量と, 雑草と作物の固定量の割合を調節できる可能性が考えられた。

4. 中型土壌動物個体群密度

除草率0%, 50%, 100%区における中型土壌動物個体群密度の推移を図5に示す。中型土壌動物相の主要な構成目はダニ目とトビムシ目だったため, 観察された全種類(全数), ダニ目およびトビムシ目の個体群密度に分け, 作付様式を込みにして示した。

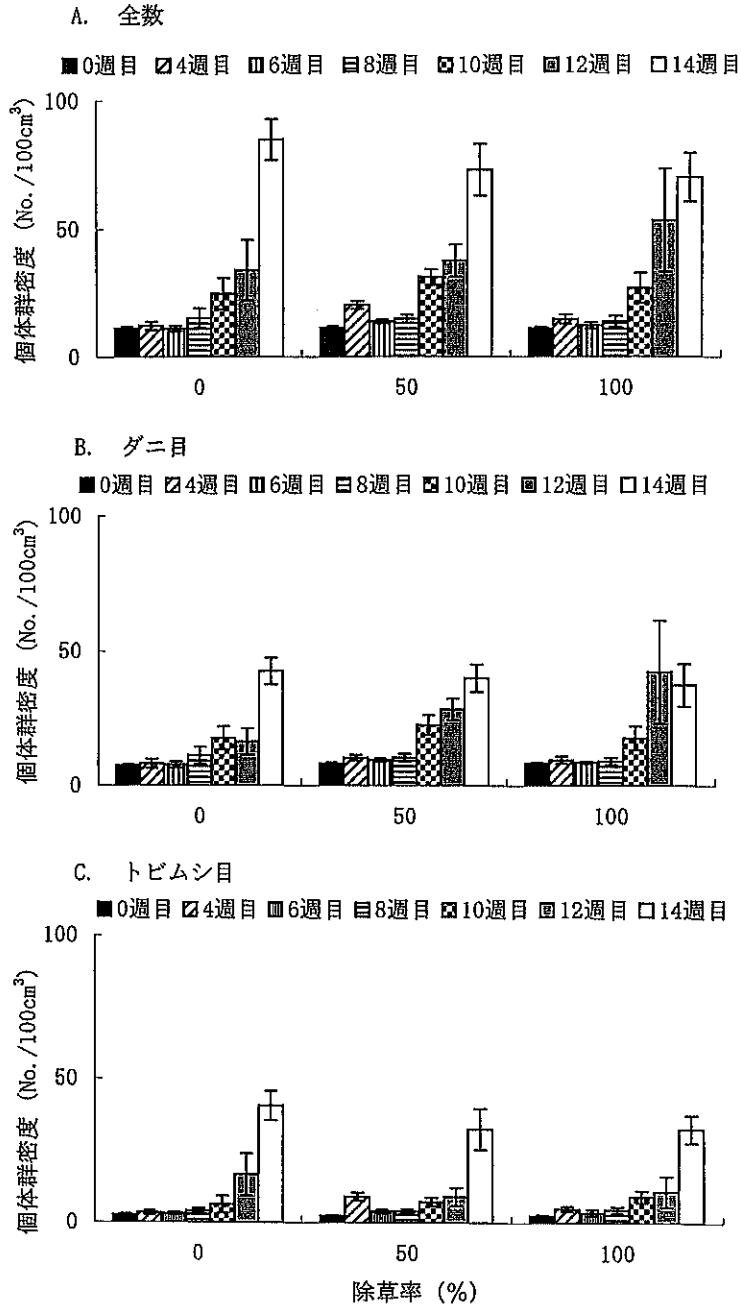


図5 各除草率における中型土壌動物個体群密度の推移。
 (A:全数, B:ダニ目, C:トビムシ目)
 注) 図中のエラーバーは標準誤差を示す (n = 3)。

地点間のばらつき、サンプル数の少なさなどにより、除草率、作付様式による個体群密度への影響は、全数、ダニ目、トビムシ目ともみられなかった。全数は10週目以降増加し、ダニ目の場合、0%区では8週目から増加した。0～9週目の間はトビムシ目の個体群密度がダニ目に比べて少なかったが、10週目以降はトビムシ目の個体群密度が増加し、ダニ目と同等のレベルとなり、個体群密度の推移が目ごとに異なることが示唆された。

当初想定していた、雑草生育量を段階的に設定することにより土壌動物の生息環境に段階的な影響を及ぼすなどの除草率の効果は明確にみられなかった。このことは、0%除草区では採土した100cm³の土壌中に雑草の根などが多く混入し、土壌のみでは100cm³に達していなかった可能性や、除草小区内にも雑草の根が無除草小区画から侵入していたなどの可能性の影響が考えられた。

5. 総合考察

除草率を段階的に変化させることによって、圃場に存在する雑草乾物生産量にある程度段階的に変化させることができたが、その変化は作付様式により異なり、供試する作物によって除草率に対する雑草乾物生産量の反応が異なる可能性が示唆された。それに対して、M単作区およびMS混作区では、圃場全体の炭素固定量が除草率の設定に対して段階的な反応を示さなかった。すなわち、雑草の存在によって作物乾物生産量が他の処理区よりも大きく影響を受けたS単作区では、雑草炭素固定量が除草率0%区よりも、軽度の除草を行った区（25%および50%除草区）で高い値を示し、作物炭素固定量は低い値を示したため、雑草の炭素固定量が作物炭素固定量よりも高い値を示した。このことから除草率の程度や、除草を行う作物種によっては、除草を行わない状態よりも雑草が優占し、作物の生育を阻害する可能性があることが示され、改めて作物と雑草を共生させる作物生産方式を構築するためには適切な雑草生育調節方法が必要となることが示唆された。

しかし、今回用いた方法では、除草区の配置や除草の方法が作物生育量などを段階的に十分反応させ得なかったが、これらの処理方法についてはさらに検討する必要があると考えられた。除草区の配置については、作物各個体の周辺に均等に配置する必要があると考えられたため、その方法として①除草小区画のサイズを小さくし、一処理区当たりの小区画数を増やす、②作物の周囲に円状に配置する、などの方法が考えられた。除草の方法については、作物体に損傷を与えないことと、処理区内の土壌を踏み固めない必要があると考えられたが、具体的には①処理区外から長バサミなどで雑草地上部のみを刈り取る、②処理区内の小区画に播種前に寒冷紗などを敷くことで発生を抑制する、などが考えられた。今後はこれらの方法についても検討していく必要があると考えられた。

結 論

本報告では、雑草生育量を調節する方法として面積基準の除草率を指標として提案し、作物と雑草を共生させた圃場に除草率を用いた場合の雑草および作物生育、周辺の生物に及ぼす影響を調査した。得られた結果の概略は以下の通りである。

- (1) 除草率を段階的に変化させることによって、圃場に存在する雑草乾物生産量にある程度段階的に変化させることができたが、供試する作物によって除草率に対する雑草乾物生産量

の反応が異なる可能性が示唆された。

- (2) 今回用いた方法では、除草区の配置や、除草の方法が作物生育量などを段階的に反応させなかった一因として考えられ、除草率によって雑草生育量をより任意に変化させるためには、これらの処理の仕方についてさらに検討する必要があると考えた。

謝 辞

筑波大学作物生産システム学研究室、生物資源学類4年生(当時)の藤田久美子氏には、実験遂行にあたり多大な協力をいただいた。また、筑波大学農林技術センター作物生産技術班技術職員の方々には支援をいただいた。ここに記して敬意を表する。

引用文献

- 青木潤一 1999. 分類のための図解検索. 青木潤一編著. 東海大学出版, 東京. 1-40.
- Bond, W. and S. Burston 1996. Timing the Removal of Weeds from Drilled Salada Onions to Prevent Crop Losses. *Crop prot.* 15: 205-211
- Esen, A.C., R. Avcioglu, H. Geren and A. Uzun 2005 Herbage Yield of Persian Clover (*Trifolium resupinatum* L.) as affected by rou distance and herbicide application. *Crop prot.* Article in press.
- 原田 洋 1995. 土壤動物. 青木潤一他, 土の中の生き物. 築地書館, 東京. 38.
- Loomis, R.S. and D.J. Connor 1992. 群落の概念. 堀江 武・高見晋一監訳, 食糧生産の生態学 環境問題の克服と持続的農業に向けて. 農林統計協会, 東京. 46-81.
- 根本正之 2004. 雑草管理と環境保全型農業. 石井龍一ら編, 環境保全型農業辞典. 丸善株式会社, 東京. 438.
- 高柳 繁 1996. 草薙得一編著, 原色雑草の診断. 農山漁村文化協会, 東京. 71-72.
- 渡辺弘之 1979. 観察の手順. 渡辺弘之他, 土壤動物の生態と観察. 築地書館, 東京. 8.

Proposal of a New Weed Rate for Analyzing the Effect of Weed Growth on Productivity of Crop-Weed Systems

Ryoko HARA, Naoki SAKAI*,
Hisayoshi HAYASHI and Kazunori MINAMIKAWA

Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, Tennodai
1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572

Abstract

To construct the sustainable agriculture, we focused on the symbiosis systems of crop-weed. For the purpose of suppressing overgrowth of the weed, crop-weed production systems with co-existence needs appropriate weed control.

This report aimed to propose the new technique which controls weed biomass gradually by stepwise variation of the rate of weeding area per plot (called weeding rate). To investigate the effect of weeding rate on the growth and yield of crop, fixation of carbon by plants and soil environmental factors, the field experiment was conducted at Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba.

From the results of the experiment, we could control weed biomass gradually by the values of weeding rate. But the total plant yield based on the sum of crop and weed and soil meso fauna was not varied proportionally to the values of weeding rate.

This result suggested that further research of the technique was required about the layout method of weeding plots and weeding method.

Key words: crop-weed co-existence production systems, carbon fixation, soil fauna, weeding rate.

* Corresponding Author: nsakai@sakura.cc.tsukuba.ac.jp